

本州四国連絡橋公団

北川 信

鹿島建設(株)

今井 貫爾

○小池 司

I. はじめに

強潮流の存在する海域に大型着底式海洋構造物を設置する場合、その周辺に発生する局所洗掘は構造物の安定にとって大きな問題となる。このような局所洗掘の予測には、砂移動のメカニズムの複雑さから解析的アプローチが難かしいために、従来より実験的手法が用いられることが多かった。そこで最も重要となる問題は現地と室内実験との対応(相似則)であるが、現地データが少ないこともあり、局所洗掘現象の相似性を検討した例は極めて少ない。本実験では、明石海峡大橋主塔基礎設置予定海域で行なわれた現地洗掘実験の結果をもとに模型実験の現地再現性に対する検討を行う。

II. 現地実験概要

現地における洗掘量を調査するために直径 9m、高さ 13.5m の鋼製ウェルが明石海峡(水深約 36m, 最大流速 3.5m/sec)に設置された。実験は、昭和 49 年 5 月 26 日より 9 月 5 日(102 日)にわたって行なわれ、その間に数回の洗掘地形測量が行なわれた。ウェル周りの洗掘地形の測量は図-1 に示すようにダイバーにより行なわれた。

III. 室内実験条件

1) 実験装置……本実験は、図-2 に示す全長 35m, 幅 5m, 深さ 0.6m の循環式水路を用いて行った。水路中央部には、幅 5m, 長さ 5m, 深さ 0.2m の移動床部を持つ。また、水路両端部のポンプピットには、それぞれ 12 台の水中ポンプ(吐出量 $5.6\text{m}^3/\text{min}$) が設置されており、各ポンプの稼働時間をずらすことで実際の潮流波形に近い流れ(往復正弦流)の実験ができるようになっている。

2) 相似則についての検討……通常、流れの場には Froude の相似則が適用できることが知られている。ところが底質移動に関しては流体の粘性の効果が影響を及ぼすために一般的には底質移動の相似則は明らかにされていないが、次の諸量を算定することにより概略検討を行うことができる。①底質移動限界シールズ数 ψ_c …底質移動開始条件の比較、②底面摩擦速度 u_* と底質沈降速度 w_0 の比 u_*/w_0 …底質移動形態の比較。

今回の実験は、模型縮尺 1/100 で Froude の相似則に従い流れ及び底質条件を設定した。この場合の現地と実験室内の底質移動に関する上記の諸量の計算結果を表-1 に示す。これより粒径が小さい底質に関しては室内実験の方が移動しにくい傾向にあるが、全般に底質移動限界並びに移動形態共に現地と室内はほぼ同じものとなっていることがわかる。

3) 実験条件……表-2 に現地条件並びに実験条件を示す。潮流は現地実験中に観測された最大潮流の 7Kt. ピーク正弦流をモデル化した。また、実験で使用した底質は現地底質の粒径分布をできるだけ相似にするように作成した。ただし、現地底質細粒分に対応する部分を縮尺化すると粘着質分

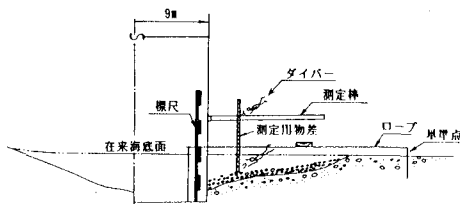


図-1 現地洗掘孔の測量

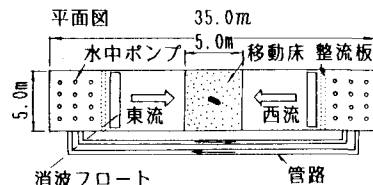


図-2 実験水路概要

表-1 掃流限界と浮遊限界の算定

底質粒径	現 地			室 内		
	d min	d 50	d max	d min	d 50	d max
0.1	5	15	0.01	0.05	0.15	0.15
境界シールズ数 ψ_c 1)	0.03	0.05	0.05	0.10	0.04	0.04
u_* / ω_0 2) / 3)	1.3	0.17	0.05	1.3	0.22	0.09
	(300)	(300)	(300)	(30)	(30)	(30)
	1.5	0.20	0.06	1.5	0.25	0.10
浮遊粒径: ≥ 2.0	(350)	(350)	(350)	(35)	(35)	(35)
() は換算 cm/sec	2.0	0.27	0.08	2.0	0.33	0.13
	(450)	(450)	(450)	(45)	(45)	(45)

1) $\psi_c = \frac{u_* c}{s \Delta \rho}$, $u_* c$ の算定は岩屑の式による。2) $u_* = \frac{V}{6.0 + 5.75 \log \frac{h}{k_s}}$

3) Rubey の式

(単位: cm, sec)

表-2 現地条件と実験条件

項 目	現地条件	模型条件	模型条件*
縮 尺	1	1/100	1/150
水 深	36m	36cm	24cm
潮 流			
方 向	2方向	2方向	2方向
波 形	正弦波	正弦波	パルス波
最大流速	3.5m/sec	3.5m/sec	28.3cm/sec
周 期	12時間	72分	58分
構造物			
径	9m	9cm	5.9cm
高さ	13.5m	13.5m	8.9cm
底 質			
d max	150mm	1.5mm	1.0mm
d 50	50mm	0.5mm	—
d min	1mm	0.1mm	—

* 中川 (S50年)

を含むようになるためこの部分（粒径 0.07 mm以下）をカットした（重量比20%）。表中には中川等により行なわれた1/150 縮尺実験の条件も併記してある。中川等の実験は一様交番流（パルス流）の潮流モデルを用いたものである。

IV. 実験結果および考察

室内実験の結果得られた結果の現地換算は、Froude則に基づいて行った。図-3 A)、B)の実線は、それぞれ現地におけるウェル設置後約 1日（洗掘発達段階）及び 102日（洗掘平衡段階）経過後の洗掘形状を示したものである。、図中には、対応する室内実験結果（点線）を併せて示している。図-4 は、現地と室内における洗掘深の時間的変化を示した。

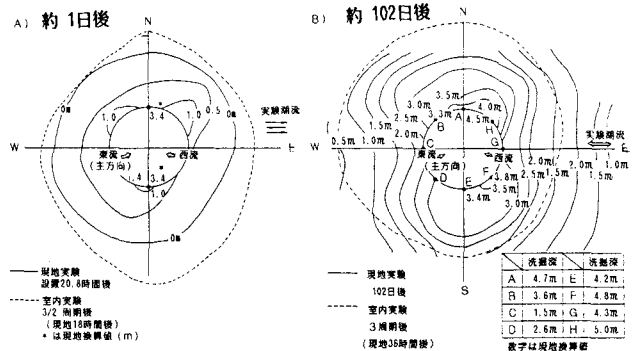


図-3 洗掘形状の時間変化

1) 洗掘発達段階……設置後 1日目(A 図)

図) 迄に、現地では7Kt.程度の東流と西流、さらに6Kt.程度の東流が連続して来襲している。この東西流の主方向は、図中に示したように若干ずれており潮流毎にその方向が変動することが分かる。これに対して室内実験では、流速 7Kt. で方向が 180° 変化する潮流を3/2 周期与えている。この結果、設置 1日後の洗掘孔形状は、ほぼ相似形となっているが、その大きさ、深さは共に室内実験で得られた結果の方が大きくなっている。これは、上述した潮流条件の違い（潮流の強さ、往復潮流の主方向のずれおよび変動）によるものと考えられる。特に、潮流方向のずれおよび変動は、単なる往復流と違いウェル周りの顕著な埋戻り領域（潮流に対する構造物後方部）が分散されるため洗掘孔の発達を遅くしているものと考えられる。

2) 洗掘平衡段階……設置後 102日目(B 図)の洗掘孔は、この間に来襲した潮流（潮流条件の詳細は不明）によりほぼ平衡状態に達している。これに対して室内実験では、7Kt.潮流 3周期（現地36時間後）で洗掘はほぼ平衡状態となった。これより平衡状態での洗掘範囲及び最大洗掘深さは室内と現地でほぼ一致しているとみなせる。

3) 最大洗掘深の経時変化……現地洗掘孔の洗掘深は、潮流主方向のばらつきのため室内実験の結果得られた結果と異なりウェル周りのどの点をとってもかなりの変動がみられた。そのため各時刻での最大洗掘深を包絡する想定最大洗掘深として示してある。図中には、中川等が行なったパルス流を用いた実験結果も併記してある。この結果次のことが言える。

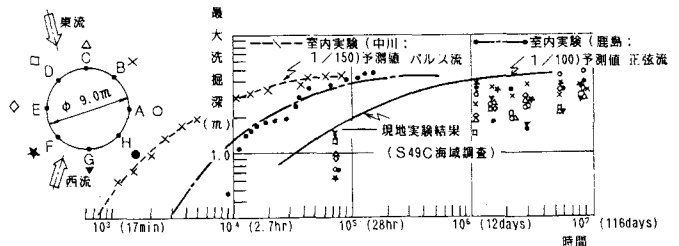


図-4 洗掘深の時間変化

i) 平衡洗掘深については、パルス流(1/150縮尺)、正弦流(1/100縮尺) いずれを用いても現地をうまく予測することができている。

ii) 洗掘深の発達時間については、同じ現象が出現する時刻はパルス流、正弦流、現地の順で遅くなる傾向にある。これは、主に先に述べた現地最大潮流を連続して与えていることと潮流方向のずれに起因する埋戻し効果に主として起因しているものと考えられる。

参考文献：1) 岡田他：明石海峡の現地洗掘調査、橋梁と基礎、1976.1, 2) 中川博次他：潮流による橋脚周辺部の洗掘特性に関する研究、第22回海岸工学講演会論文集、(1975) P.P.21~27